森林作業における作業者の労働科学的研究

── トラクター集材作業における荷掛作業について ──

山 本 俊 明 ・ 佐 々 木 功

The Studies on the Science of Labour of Worker in the Forest

──On the Hooking Work in Tractor Skidding──

Toshiaki YAMAMOTO and Isao SASAKI

目　　次

要　　旨

本報告は，森林における作業者の生理的変化を追及する一連の研究の一部で，ホイールトラクターを使用した集材作業においてもっとも心身に負担をあたえていると考えられる荷掛作業者について，作業中の生理的変化を調査したものである。

調査を行なった場所は，三重県多気郡宮川村，諸戸林産株式会社所有の山林内芦谷，滝又団地にあるスギ，ヒノキ人工林の伐採地である。対象とした作業者は，当会社において集材作業に従事している作業者6名で，荷掛作業の作業前，作業中の心搏数をテレメーターで測定し，作業者の作業中の生理的変化を調べた。

結果，作業中の心搏数は，155回/分～84回/分の範囲で平均119回/分程度であった。また作業全体をとおして平均1分間当りの増加量（生理的変化量）は50,78程度で，林内移動，玉切整理，ウインチ引出し，フック掛等の動作のはげしい作業が作業者の増加量に大いに影響しているようである。そしてその負担度は，平地を歩行する場合を1としてみた場合2.51であり，伐木集材作業における玉切作業とほぼ同じ程度の負担の度合であると考えられる。

1. ま え が き

作業場での各種森林作業は，その地形的諸条件によって，平地での作業にくらべて心身ともに作業者に多大の負担をあたえ，ひいては作業能率に影響をおよぼしている。また，最近一般産業においてはもちろんのこと，林業関係においても作業労務者の急減に直面しており，かぎられた労力を最も効率的に有効に使用するため，作業の合理化，作業能率の増進，作業仕組，機械化といった問題がとりあげられ，林業労働各部門において研究が進められている。しかし，それらの

研究は，いずれも研究対象が作業そのものを中心としたもので，本来まず行なわねばならない作業に従事している人間の作業中の生理的現象を対象とした研究は，要素作業別に調べられたエネルギー代謝量についての研究を除きほとんどみとめられない状態である。そこでわれわれは，作業者の疲労および生理的変化と作業条件との関係を研究の対象とし，ひいては，それらの結果を基礎として作業計画，すなわち，作業配置，作業仕組，作業時間等の問題を検討しようとするものである。それがために最近各研究部門とくに電子工学，医学の分野においていちじるしい発展をもたらした計測技術（テレメーター）を林業労働についての測定に導入し，今まで測定出来なかった作業中の身体内部の動き，すなわち，作業者の作業前，中，後の心搏数による生理的変化を測定し，作業条件との関係について分析をおこない，上記の目的に接近しようとする手段をもちいた。

なお，本報告は，森林作業における一連の作業の一つとして，集材作業においてもっとも心身に負担をあたえていると考えられる荷掛作業を対象とし，トラクターを使用した集材作業における荷掛作業者の生理的変化を調査したものである。

2. 調 査 方 法

i) 心搏数の記録方法とテレメーター装置

作業者の作業中の心搏数をとらえる方法として，まず図-1に示すように作業者の胸部上端に①＋電極，胸部左乳下②に－電極，右下③にアース電極をはりつけ，送信機入力端子を接続した胸部双極誘導法によった。この方法は，心臓の動きを電気的な発信現象に変換し，その発信を受信機でとらえ増巾して自記記録する方法である。(図-2, 3参照）そして，その記録された心電図より図上で単位時間当りの心搏数を算出した。つぎに本研究に使用したテレメーターは，フクダ電子KK社製2要素医用テレメーター TPE 200型で2組の生体の動きを電気現象に変換し無線によって送受信および記録を行なえる装置である。その構成は送信機，受信機，記録器の3つからなっている。(Photo 1) それらの規格[1)]は下記の通りである。
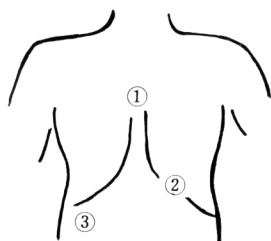
図-1 心電図誘導方法
Fig. 1. Derivative of E.C.G
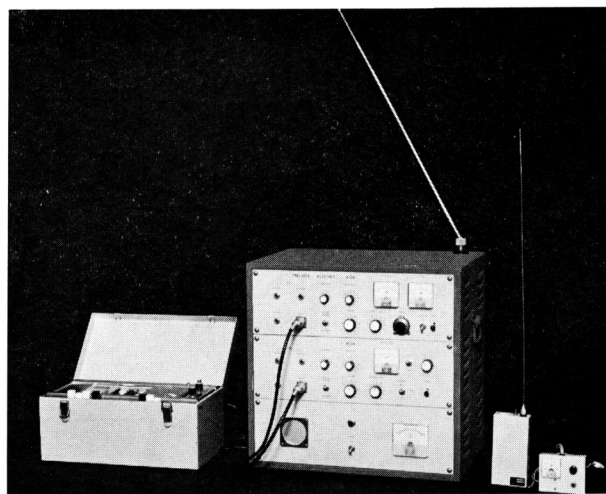
写真-1 テレメーター装置
Photo-1 Telemetor installation
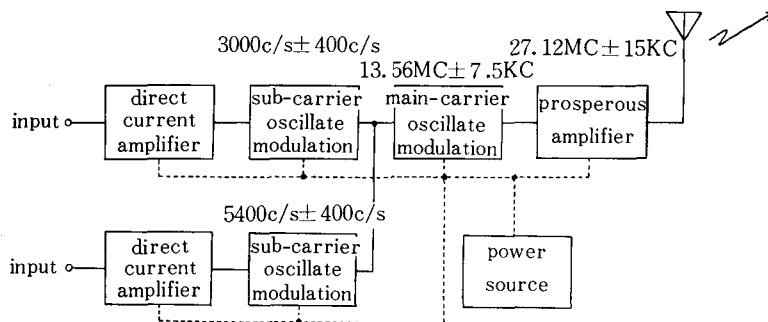
Fig. 2. 2CH Transmitter block diagram

送信機

変調方式　FM—FM
送信周波数　27.12 MC
周波数偏移　±15 KC
送信出力　送信地点から 100 m の距離で電界強度は 15 W/m
副搬送波周波数　3 KC　5.4 KC
入力カインピーダンス　500K Ω 平衡
時定数　1.5 秒以上
周波数特性　0.5～100 C/S　3 dB 以内
S/N　40 dB 以上
伝送帯域巾　0.1～100 C/S
電源　4 AAD/6 V・2 ヶ
全消費電力　270 mW
連続使用可能時間約　5 時間
大きさ　70×110×60 mm
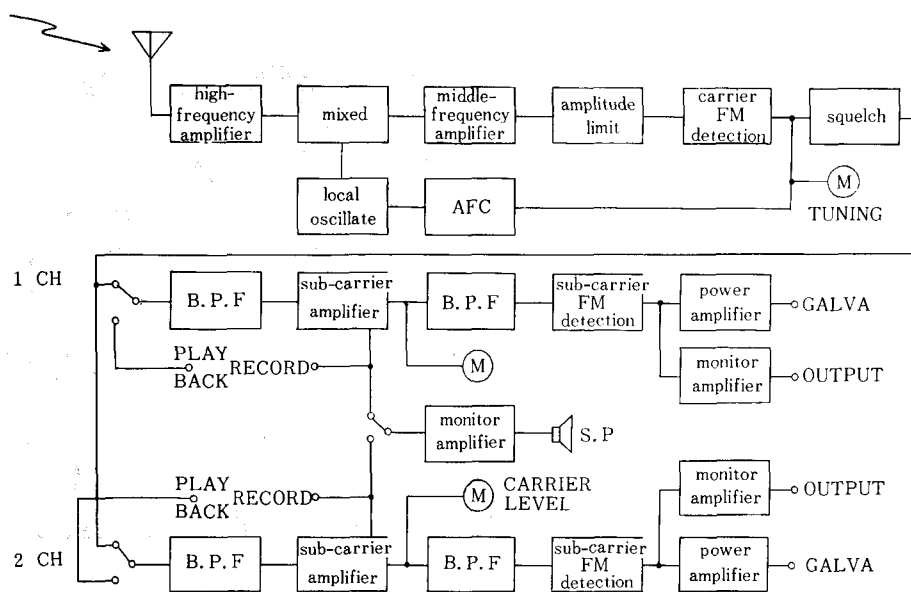
Fig. 3. 2 CH Receiver block diagram

受信機

受信方式	スーパーヘテロダイン
受信周波数範囲	27.12 MC ± 500 KC
感　度	副搬送波の S/N 20 dB に要する入力約 5 μV
中間周波数	10.7 MC
感　度	送信入力 1 mV^{p-p} でペンの振れ ±15 mm 以上
時定数	2 秒以上
直線性	±20 mm の振れに対し偏差 10% 以内
S/N	送信入力 1 mV^{p-p} のとき 40 dB 以上
電　源	AC−100V
消費電力	200 VA
大きさ	510×590×303 mm

記録器

記録方式	熱ペン直記式
ガルバノメーター数	2 コ
最大振巾	±20 mm
記録速度	10, 25, 50 mm/sec
刻時装置	1 秒間隔
マーカー	手動
記録紙巾	100 mm
電　源	100 V 50C/S or 60 C/S
消費電力	60 VA
大きさ	410×190×200 mm

ii) 作業者についての調査方法

調査は，S 43 年 8 月 20 日～24日まで 5 日間，S 45 年 11 月 27 日～29日までの 3 日間，三重県多気郡宮川村，諸戸林産 KK 所有山林内芦谷，滝叉団地において調査を行なった。当山林は，古生層風化土壌であり，降水量多く，傾斜は 30°～35° という急峻な山岳林である。そして林道網がかなり計画的に設置されている。測定は，当会社において集材作業に従事している作業者 6 名について次のことがらを測定した。なお作業者の詳細については表-1に示すとおりである。

表-1　作業者の年令および体格
Table-1　Age and physique of worker

氏　名 Name	生 年 月 日 Birth data	身 長 (cm) Height	体　重 (kg) Weight	体 表 (m²) Surface area of a body	経験年数 (年) Years of working	安静時心搏数 回/分 Rest time heart rate
A	S. 4. 1. 5	161.0	53.0	1.559	29	70
B	S. 22. 12. 26	169.0	63.0	1.750	9	51
C	S. 18. 5. 5	155.0	45.0	1.415	13	85
D	S. 11. 11. 15	174.5	71.0	1.876	20	62
E	S. 9. 9. 11	169.0	57.0	1.667	6	70
F	S. 20. 8. 17	164.0	62.0	1.689	10	86

測定項目

1. 各作業者の安静時心搏数（作業開始前の安静にした場合の心搏数）

2. 荷掛作業者の作業法別の作業中の心搏数と，各要素作業別心搏数および時間
3. 荷掛作業者の作業構成員別の作業中の心搏数と各要素作業別心搏数および時間
4. 荷掛作業者のウインチ引き出し距離と心搏数の関係を調査した。

なお，作業法としては，トラクターウインチによる地曳き作業の上げ荷の場合と下げ荷の場合，および，トラクターについている2つのウインチからロープをエンドレスに組んだ場合の地曳き作業の上げ荷の場合と下げ荷の場合の4つの作業法をとりあげた。なお，以下，前者を地曳き作業，後者をエンドレス作業とする。作業構成員としては，エンドレス作業については，4人組，6人組，地曳き作業については，3人組，4人組，5人組，その人員構成は3人組の場合，荷掛作業者1，トラクター運転手1，土場作業者1，4人組の場合，荷掛作業者1，運転手1，土場作業者2，5人組の場合荷，掛作業者1，運転手1，土場作業者3，6人組の場合，荷掛作業者1，運転手1，土場作業者4とした。つぎに要素作業としては，以下に述べる動作をとりあげた。地曳き作業の場合，

① ウインチロープ引き出し――荷掛作業者が，トラクターのウインチからロープを引き出し集材しようとする材のところまで歩いてひきづって行く動作

② フック掛――ロープの先についているフックで集材しようとする材をかける動作

③ 待　避――フックを材にかけた後安全な場所まで移動する動作

④ 林内移動――次の作業を行なうため林内を移動する動作

⑤ 林道移動――林道上を移動する動作

⑥ 玉切整理――林道上の土場において，集材された材を玉切ったり整理する動作

⑦ 作 業 待――作業者が安全な場所に待避したのち，フックされた材が正常にひき出されていくかを立ちどまって見ている動作

⑧ その他――以上のべた動作以外の動作

主に引材が他の伐採木にかかった場合とか，ワイヤロープがからまった場合とか突発的なことがもちあがった場合にそれに対応しての動作。

エンドレス作業の場合は，地曳き作業の場合とほとんど同じであるがウインチ引き出しの動作をはぶいた動作をとりあげた。

そして，安静時心搏数と各作業中の心搏数を比較し，作業者の作業中の身体の生理的変動を推定した。なお，一般に心搏数は非常に個人差が大きいとされている。そこで本研究においても変化率をとれば比較的個人差は小さくなる[2]ということから出来るだけ個人差をなくすため，作業者の安静時の心搏数に対する作業中の心搏数の増加量を算出し，増加量を生理的変化量（負担度）を示す指標とした。増加量は，次式により算出した。

増加量＝(作業中の心搏数－安静時心搏数)×作業時間

つぎに，各作業法別の作業中の心搏数，要素作業中の心搏数および要素作業時間についての測定は，地曳き作業の場合は，ウインチ引き出しからつぎのウインチ引き出しまでを，エンドレス作業の場合は，フック到着からつぎのフック到着までを，1サイクルとし，各サイクルごとに15秒間隔で約5秒間テレメーターで作業中の心搏数をとらえ，同時に平行してタイムスタデイによる各要素作業時間および1サイクル全時間を測定した。それより，1サイクル全体の時間，作業中の平均心搏数，要素作業別の心搏数とその時間を算出した。同様に各作業法別に全サイクルについて測定し，しかるのち，各作業法別，作業人員構成別，要素作業別に作業中の平均心搏数および時間を求めた。なお，本調査に使用したホイールトラクターは，三菱重工KK製作のFT2林内作業車で，測定対象となった荷掛作業者は，1人だけに限定せず各作業者が交たいで荷掛作業をつとめた。

3. 調査結果および考察

1) 作業中の心搏数

まず各作業者の安静時（作業開始前）の心搏数についてみると，表-1右欄に示すとおり，作業者Bを除いては，山林労務者としては高い値を示している。つぎに各作業法別，作業人員構成別の作業中の心搏数をみると，表-2に示すとおりである。まず，作業全体をとおしての作業中の平均心搏数とその範囲は，下げ荷地曳き作業（3人組）の場合，135/分～119/分で平均129/分，上げ荷地曳き作業，3人組の場合，151/分～99/分で平均125/分 4人組の場合，133/分～94/分，平均118/分，5人組の場合137/分～97/分，平均119/分，下げ荷エンドレス作業4人組の場合155/分～112/分，平均130/分，6人組の場合128/分～95/分，平均108/分，上げ荷エンドレス，4人組の場合130/分～84/分，平均105/分と，下げ荷エンドレス作業4人組が高い心搏数を示し，ついで下げ荷地曳き作業3人組，上げ荷地曳き3人組と比較的作業人員が少ないときのほうが高い値を示している。つぎに各要素作業別の平均心搏数についてみると，下げ荷地曳き作業3人組については，玉切整理，146/分～135/分，平均140/分が高い心搏数を示しついでフック掛141/分～124/分，平均132/分，ウインチ引き出し151/分～111/分，平均131/分が高い値を示している。上げ荷地曳き作業3人組については，待避170/分～99/分，平均136/分，フック掛163/分～92/分，平均134/分が高い値を示しついで作業待，その他が高い値を示している。上げ荷地曳き作業，4人組については，その他144/分～102/分，平均132/分，林内移動147/分～114/分，平均130/分が高い値を示している。上げ荷地曳き作業5人組については，その他145/分～115/分，平均135/分，待避150/分～112/分，平均134/分が高い値を示し，ついで林内移動，フック掛が高い値を示している。下げ荷エンドレス作業4人組については，フック掛172/分～114/分，平均137/分，その他169/分～110/分，平均132/分が高い値を示し林道移動，林内移動がつづいている。下げ荷エンドレス作業6人組については，待避130/分～104/分平均114/分その他，フック掛が高い値を示している。さいごに上げ荷エンドレス作業4人組については，待避129/分～113/分，平均120/分，作業待130/分～96/分，平均116/分と高い値を示しついでフック掛が高い値を示している。

以上，荷掛作業者の作業中の心搏数についてのべてきたが，これらの結果をもとにして平均的な作業中の心搏数を推定してみる。

まず各作業法別，作業人員構成別にみると，表-2の結果が示すように傾斜，作業時間，集材材積，ウインチ引出し距離等の作業条件，作業者の個人差等の変化により作業者の動きが異なるため，はっきりした傾向はみられない。しかし一応地曳き作業とエンドレス作業とを比較してみると，地曳き作業の方が少し高い心搏数を示している。また，作業構成人員別にみると，作業人員の少ない方がいくぶん高い心搏数を
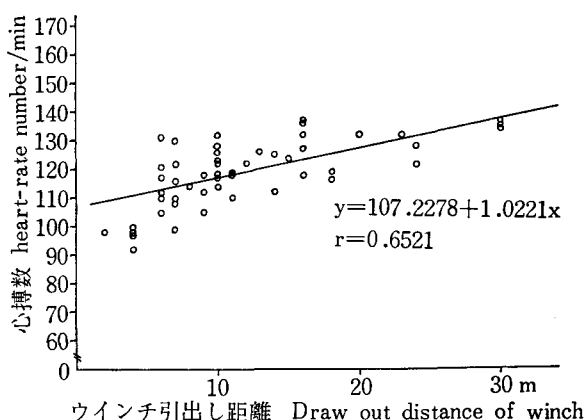
図-4 ウインチ引出し距離と心搏数の関係（上げ荷地曳き作業5人組）

Fig. 4. Relation between draw out distance of winch and heart rate (Ground skidding of up hill yarding a quintette)

表-2　作業法別の作業中平均
Table-2　Mean heart rate in the

作業法 Work system	作業人員 Number of worker	作業時間 分 Hour (min)	平均ウインチ引出し距離 m Drawout distance of winch	集材材積 m^3 Skidding volume	傾斜 Slope		全 Total
下げ荷地曳作業 Ground skidding of down hill yarding	3名	110	7.5	10.862	23°	平均心搏数とその範囲 各要素作業時間分 〃　%	135.11～118.60 128.71 110 100
上げ荷地曳作業 Ground skidding of up hill yarding	3名	240.70		16.807	32°	平均心搏数とその範囲 各要素作業時間分 〃　%	150.87～ 98.57 125.24 240.07 100
〃	4名	284.20	33.96	19.414	36°	平均心搏数とその範囲 各要素作等時間分 〃　%	133.05～ 94.25 118.37 284.20 100
〃	5名	215.50	12.11	36.492	31.6°	平均心搏数とその範囲 各要素作業時間分 〃　%	137.29～96.63 119.45 215.50 100
下げ荷エンドレス作業 Endless skidding of down hill yarding	4名	101.90	6.00	8.912	23°	平均心搏数とその範囲 各要素作業時間分 〃　%	154.8 ～112.44 130.13 101.90 100
〃	6名	81.60	5.71	20.103	32°	平均心搏数とその範囲 各要素作業時間分 〃　%	127.5 ～94.86 107.55 81.60 100
上げ荷エンドレス作業 Endless skidding of up hill yarding	4名	115.83		23.106	26°	平均心搏数とその範囲 各要素作業時間分 〃　%	129.9 ～ 84.0 104.90 115.83 100

示している。つぎに，要素作業別についてみると，多少のちがいはあるが，各作業法とも，待避，その他，フック掛，林内移動等の動作が高い心搏数を現わし，ことに作業人員が少ないほどその傾向が強いようである。以上のことから平均的な荷掛作業者の作業中の心搏数は，155/分～84/分の範囲にあり，平均 119/分程度であり，作業中の作業者に負担をあたえる作業として主に待避，その他，フック掛，林内移動といった比較的動作のはげしい作業が考えられる。

つぎに，荷掛作業者のウインチ引出し距離と心搏数との関係についてみる。上げ荷地曳き作業5人組の場合を例としてみとる，図-4 に示すとおり，その関係は $r=0.6521$ で検定の結果有意と出た。すなわち，ウインチ引出し距離の長さに応じて心搏数は変化するということを示している。これらのことは，ウインチ引き出し距離が長がければ当然その長さに応じて作業者の身体動作ははげしく大きくなるといったように当然の結果といえる。

2)　作業中の作業者の生理的変化量

心搏数および作業条件
works and job requirement of work system

ウインチ引出し Drawout of winch	フック掛 Hang of choker	待 避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作 業 待 Waiting	そ の 他 Other action
151.5～111.0	141.0～124.0		153.0～119.0	140.0～109.5	145.5～135.0	145.0～105.3	145.0～110.0
131.19	132.38		134.54	122.30	140.25	125.06	121.25
3.30	19.80	0.60	7.30	14.20	29.00	14.50	21.30
3.00	18.00	0.55	6.64	12.91	26.36	13.18	19.36
142.0～96.0	163.0～92.0	169.5～99.0	159.7～108.0	175.0～83.0	128.0～107.0	159.6～103.0	182.0～ 70.0
119.73	134.05	135.71	129.64	123.32	118.38	132.82	133.37
18.40	15.50	11.30	30.80	36.30	19.40	51.50	57.50
7.64	6.44	4.69	12.80	15.08	8.06	21.40	23.89
140.0～86.0	138.0～91.0	138.0～98.0	146.7～113.5	141.0～97.01	119.3～110.5	150.0～ 94.0	144.0～102.0
107.58	116.84	116.29	129.95	123.55	115.12	118.29	131.68
35.70	30.20	7.20	56.40	23.00	21.60	76.00	34.10
12.56	10.63	2.53	19.85	8.09	7.60	26.74	12.00
132.3～86.0	150.0～103.0	150.2～112.0	156.3～117.5	140.0～ 83.0	122.5～102.0	141.0～ 85.6	145.0～115.0
110.48	125.90	134.14	132.74	120.19	112.26	114.80	134.96
26.40	14.40	8.00	41.00	18.30	3.30	91.70	12.40
12.26	6.68	3.71	19.03	8.49	1.53	42.55	5.75
	171.5～114.3		156.5～103.0			148.0～103.0	169.0～110.0
	136.54		125.84	127.60	123.00	123.77	131.81
	18.20		15.20	2.00	1.10	48.60	16.80
	17.86		14.92	1.96	1.08	47.69	16.49
	132.0～ 94.5	130.0～104.0	130.0～87.00			128.0～ 74.5	132.0～ 89.5
	110.45	113.72	104.41			102.20	112.90
	20.60	5.10	14.30			34.30	7.30
	25.25	6.25	17.52			42.03	8.95
	114.0～101.0	128.7～112.8	125.0～96.0			129.9～ 96.0	110.1～84.00
	108.60	119.60	106.90			116.40	98.20
	13.08	39.57	12.58			30.58	20.59
	11.24	34.00	10.81			26.27	17.68

作業者の作業中の生理的変化量を推定するために，次のような方法で推定した。

まず各作業法ごとに，要素作業別の作業者の安静時心搏数に対する作業中心搏数の差を求め，しかるのち，タイムスタデーにより算出した各サイクル当りの要素作業時間を乗じることにより，要素作業別の増加量を算出し 1 サイクル中に出現した要素作業ごとの増加量を累積することにより 1 サイクル当りの全増加量とした。そして，その全増加量を 1 サイクル当りの時間で割ることにより 1 分間当りの平均増加量を算出し，生理的変化量を推定する指標とした。結果表-3～表-8 に示すとおり，各作業法別の各サイクルごとの要素作業増加量，全増加量，1 分間当りの増加量は各作業法とも多少のちがいはあるがほとんど 1 サイクル当りの全増加量と時間との間に当然のことながら時間に応じて全増加量が多い値を示している。また，1 分間当りの増加量と時間との間については，全増加量と時間との場合と逆にかならずしも時間に応じて多い値を示さず，とくに地曳き作業において時間の経過にともない増加量が多くなっていく傾向がみられる。これらのことは，人間本来がもっている特性の一つである性質（たえず自分自身の身体の状態を一定の

表-3 下げ荷地曳き作業（３人組）増加量
Table-3 Amount increased of ground skidding of down hill yarding (a Trio)

サイクル No Cycle No	ウィンチ引出し Draw out of winch	フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	総増加量 Total amount increased	１分間当りの増加量 Amount increased per minute	時間分 Time
1	14.40	140.4							154.80	53.38	2.9
2 3	5.10	77.00		88.00	39.00		63.60	29.00	301.70	55.87	5.4
4	12.30	142.00		23.20	161.00		50.40	67.20	456.10	61.64	7.4
5	33.25	136.50		27.20	84.50	310.00	69.29	157.50	818.24	69.94	11.7
6	35.00				102.60	208.00	112.50		458.10	64.52	7.1
7	13.40	344.25		308.64		162.00	221.76	422.75	1472.80	58.21	25.3
8	19.60	206.10		112.00	113.74	376.30	151.80		979.54	62.79	15.6
9	40.75	179.22		75.40	91.20	286.00	149.24	128.00	949.81	55.87	17.0
10	46.55	51.30		49.00		775.00	175.00		1096.85	62.32	17.6
計 Total	220.35	1276.77		683.44	592.04	2117.30	993.59	804.45	6687.94	60.79	110.0

表-4 上げ荷地曳き作業（３人組）増加量
Table-4 Amount increased of ground skidding of up hill yarding (a Trio)

サイクル No Cycle No	ウィンチ引出し Draw out of which	フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	総増加量 Total amount increased	1分間当りの増加量 Amount increased per minute	時間分 Time
1	8.40		42.90		31.20				82.50	39.23	2.1
2	3.40	26.40			35.10			33.80	200.10	30.78	6.5
3	10.40		8.60		29.70	101.40	72.80		154.80	30.96	5.0
4	8.40		8.40		24.00	33.30	36.00		161.80	37.63	4.3
5	12.00		29.40		40.50	85.00			81.90	43.11	1.9
6	16.50				96.50	88.80	48.10		249.90	32.88	7.6
7	26.00				21.18		38.40	127.92	213.50	38.13	5.6
8	17.20				8.10		29.40	45.90	100.60	22.86	4.4
9	20.00				51.70		32.00	51.12	154.82	34.40	4.5
10	11.10				13.30		27.00	37.10	88.50	30.52	2.9
11	11.40		6.00		21.00		26.60	33.30	92.30	36.92	2.5
12	6.40				33.33		52.00	50.40	148.13	29.63	5.0
13	10.50	41.30			50.40		28.50	69.44	200.14	54.09	3.7
14	10.50	41.30		22.80	69.68		88.40	12.00	244.68	54.37	4.5
15	12.00		40.20		64.80	32.00	72.60	52.80	274.40	41.58	6.6
16	13.80	35.40		33.00	36.00	42.35		47.40	207.95	47.26	4.4
17	64.57	132.00		98.77	54.40				349.74	60.30	5.8
18											
19	49.77	65.10	114.00	205.66	106.20	241.90	249.60	82.60	1114.83	70.11	15.9
20	54.00	38.75	51.80	179.40	109.20		40.00	256.50	729.65	68.19	10.7
21	145.36		89.10	189.95	55.53		296.40	747.40	1523.74	72.21	21.1
22	58.00	7.35	66.40	184.80	88.62	81.20	147.40	185.00	818.77	62.50	13.1
23	115.20	110.04		176.64	63.70		170.89	134.30	770.77	72.03	10.7
24	70.07	110.60	9.80	88.80	133.50		300.20	423.30	1136.27	78.36	14.5
25	81.25	153.90		96.00	109.20		216.90	25.50	682.75	71.87	9.5
26	56.70	72.45	26.70	114.00	577.50	200.10	194.40	138.07	1379.92	83.13	16.6
27	78.26	45.15	59.70	300.44	34.80		365.64	321.16	1205.15	80.34	15.0
28	91.78	86.90		126.54	84.00		349.60	338.10	1076.92	83.48	12.9
29	122.76	78.60		238.00	61.60	153.40	340.48	206.75	1255.59	29.47	15.8
計 Total	1185.72	1045.24	553.00	2054.80	2104.74	1059.45	3223.31	3473.86	14700.12	63.06	233.1

表-5　上げ荷地曳き作業（4人組）増加量

Table-5　Amount increased of ground skidding of up hill yarding (a quartette)

サイクル No Cycle No	ウィンチ引出し Draw out of which	フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	総増加量 Total amount increased	1分間当りの増加量 Amount increased per minute	時間分 Time
1	14.40				14.70		57.20		86.30	43.15	2.0
2	7.00	12.00	14.10		44.00	73.56			150.66	53.81	2.8
3	16.95	42.70		18.90	89.60	113.90			282.05	64.10	4.4
4	26.10	48.40		67.50			46.55	35.00	223.55	63.87	3.5
5	44.00	64.90		50.00	69.00		121.60	39.20	388.70	61.70	6.3
6	68.18		13.60	53.90	93.50	163.92	141.45		534.55	66.00	8.1
7	19.20	33.60		66.50		273.70	160.80		553.80	61.53	9.0
8	30.60	59.20		152.15			20.70	34.00	296.65	78.07	3.8
9	35.60	78.30		65.25			172.50		351.65	78.14	4.5
10	32.58	107.10		85.80	24.30		137.20		386.98	71.66	5.4
11	56.76	121.50		81.95	81.00	236.16	273.06	79.92	930.35	68.41	13.6
12	34.88	82.55		89.05	45.60		128.10	20.55	400.73	62.61	6.4
13											
14	48.00	31.20	18.30	111.36	82.80		103.70	240.75	636.11	55.31	11.5
15	111.00	33.00		149.00	98.40		110.68	40.80	542.88	61.00	8.9
16	55.00	47.70	12.40	172.20	78.00	12.00	141.90	90.00	609.20	57.47	10.6
17	54.00	29.00		177.10	136.80		326.40		723.30	59.78	12.1
18	43.00	9.80	5.70	177.10	16.60		291.20		543.40	60.38	9.0
19	37.10	53.10	11.80	241.80		97.50	45.50		486.80	68.56	7.1
20	64.90	51.20	10.40	248.96			231.00		606.46	63.84	9.5
21	68.88	44.10		177.32	74.70		139.20	40.80	545.00	68.13	8.0
22	45.04	14.20		143.07	45.60	316.05	98.80	68.40	731.16	68.98	10.6
23	65.00	99.19		196.88			227.07	88.50	676.64	77.77	8.7
24	75.90	91.80	66.50	184.40			286.30	74.40	779.30	83.80	9.3
25	176.16	76.23		190.56			247.52	230.55	921.02	74.88	12.3
26	81.84	96.72		149.60	81.00		252.65	94.90	756.71	80.50	9.4
27	48.48	94.50	23.60	87.56			122.22	62.00	438.36	64.46	6.8
28	76.18	195.75	21.90	153.56	60.00		196.16	165.00	868.55	68.39	12.7
29	45.60	130.00		87.56	33.00		235.48	121.80	653.44	75.11	8.7
30	33.32	51.10	21.00	136.50	61.60		127.20	19.08	449.80	72.55	6.2
31	149.73	145.08		217.44			173.46	61.20	746.91	79.46	9.4
32	85.80	32.40	34.80	181.83	8.90		194.40	226.20	764.33	83.99	9.1
33	160.23	84.70		386.82			83.16	142.20	857.11	83.41	10.4
34	96.88	75.90	13.80	222.48			154.56		563.62	73.20	7.7
35											
計 Total	2008.29	2136.92	267.90	4524.10	1239.10	1286.79	5047.72	1975.25	18486.07	69.03	267.8

状態にとどめようとする性質）が作業者自身に対して無意識のうちに働き，作業地の傾斜，伐採木の状態，作業人員構成，等の作業条件に応じた働きをするためこのような結果になったものと考えられる。また，時間の経過にともない増加量が多くなるという現象は，表-3～表-6の地曳き作業にみられるように，サイクルの始めのころは作業現場が土場近くにあるため，作業者に負担をあたえる動作が少なく，時間の経過にともない作業現場が土場より遠くなり必然的に作業者に負担をあたえる動作，林内移動，その他，作業待等の動作が多くなるためこのような結果になったものと考えられる。以上のことから，本調査においては，1分間当りの増加量をとりあげ作業者の作業中の生理的変化量とし，表-3～表-8より平均的な作業中の作業者の生理的変化量を推察した。

まず，本調査でとりあげた作業，作業人員構成，要素作業についてみると，表-9，図-5に示すとおりである。なお，上げ荷エンドレス作業4人組については，心搏数測定値が数サイクル分しかとれなかったためそれらの平均値により算出した。

作業全体をとおしての平均1分間当りの増加量は（表-3～表-8参照），下げ荷地曳き作業，3人組53.38～69.94の範囲で平均60.79，上げ荷地曳き作業3人組29.63～83.48，平均63.06，4人

表-6　上げ荷地曳き作業（5人組）増加量

Table-6　Amount increased of ground skidding of up hill yarding (a quintette)

サイクル No Cycle No	ウィンチ引出し Draw out of which	フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	総増加量 Total amount increased	1分間当りの増加量 Amount increased per minute	時間分 Time
1	23.40		12.00				48.16		83.56	23.21	3.6
2	12.25	26.50	6.00		33.40		45.00		122.79	36.11	3.4
3	6.75	27.60		12.90			53.76		101.01	30.61	3.3
4	10.00	26.00	19.50	22.50	4.00		12.75		94.75	27.07	3.5
5	9.50	20.25		16.00			47.25		93.00	22.68	4.1
6	9.80		7.40	20.00			31.20		68.40	29.74	2.3
7	9.00	9.00		34.40			35.00		87.40	30.14	2.9
8	4.50	8.00	10.00	61.75			18.90	21.60	124.75	28.35	4.4
9	9.20	13.50		19.50			49.00		91.20	22.24	4.1
10	11.50	8.80	8.00	36.40	50.00		35.68		150.38	35.80	4.2
11	23.44	5.30	16.50	32.55			45.32	42.00	165.11	34.40	4.8
12	14.40		13.50	50.05			47.50		125.45	41.82	3.0
13	19.56	29.40		53.90			76.86		179.22	39.94	4.5
14	0.20	5.20	9.00	23.20			21.44	9.20	68.24	15.51	4.4
15	5.72		14.00	7.00	−2.80		82.62		132.79	20.43	6.5
16	4.35	10.40	3.60		7.28		21.32	1.56	48.51	7.70	6.3
17	2.40	6.00	2.70				20.70		31.80	10.97	2.9
18	1.40	9.00	7.00		2.96		12.21		32.57	6.51	5.0
19	3.30		10.20	10.20			24.30	16.20	64.20	16.46	3.9
20	15.82	8.10		36.30			57.33		117.55	27.99	4.2
21	12.00		35.00	41.03			91.14		179.17	29.37	6.1
22	6.00	21.60		35.00			93.50		156.10	40.03	3.9
23	10.50	7.50		51.60			13.60	6.00	89.20	22.30	4.0
24	5.60	6.00	8.00	38.40			16.17		74.17	21.19	3.5
25	1.80	7.50		23.70	39.50		1.44		73.94	15.73	4.7
26	21.30	33.00		42.80	18.62		66.50		182.22	35.04	5.2
27	45.00	53.55		114.08	35.50		74.55		322.68	48.89	6.6
28	30.10	15.00	4.70	179.40	53.60		55.00	47.07	384.87	57.44	6.7
29	40.70	15.00	6.52	123.50	19.35		73.53	3.78	282.38	48.69	5.8
30	12.60	25.00		86.80			69.02		193.42	48.36	4.0
31	24.78	39.20		48.00			130.32		242.30	53.84	4.5
32											
33	16.60	15.00		56.97			38.85		127.42	34.44	3.7
34	9.75		16.20	70.73			33.00		129.68	46.31	2.8
35											
36	3.40	9.60	7.00	26.40	14.00		12.50		71.10	32.32	2.2
37	4.00	5.40		15.00			49.70		74.10	32.22	2.3
38	10.80			27.00			31.50	27.50	96.80	40.33	2.4
39	21.00	15.00		68.20	7.50		24.25	24.25	165.20	47.20	3.5
40	23.40		9.00	31.50	15.75		128.00	104.00	316.15	59.65	5.3
41	10.75	8.00		45.00	31.15		22.40		117.30	43.44	2.7
42	16.00	4.50	6.50	25.00	20.00		80.00	16.50	168.50	48.14	3.5
43	10.80	10.50		22.80			37.00		81.10	35.26	2.3
44	19.50	10.00		17.00	13.25		50.35		110.10	30.58	3.6
45	15.25			26.40	15.90		22.25		79.80	42.00	1.9
46	27.18	16.20	12.00	38.50	12.90		47.50		154.28	49.77	3.1
47	28.38	36.00		32.20	25.20		24.00	14.00	171.68	42.92	4.0
48	16.75	18.00		49.50	5.50		50.00	19.60	159.35	48.29	3.3
49	6.25	7.00	6.00	30.45	0.40		48.00	30.00	134.10	40.64	3.3
50	16.56	13.50	5.50	43.20			50.40	14.40	143.56	38.80	3.7
51	7.98	7.50	5.20	63.18	13.80		53.90	14.58	175.34	37.31	4.7
52	22.61	10.50		92.31			50.40	37.80	213.62	46.44	4.6
53	18.00	13.80	7.40	53.52	44.60		36.00	46.20	241.82	39.64	6.1
計 Total	711.83	636.90	268.42	2054.02	481.00		2361.07	496.24	7094.63	34.56	205.3

表-7　下げ荷エンドレス作業（4人組）増加量

Table-7　Amount increased of endless skidding of down hill yarding (a quartette)

サイクル No Cycle No	ウィンチ引出し Draw out of which	フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	総増加量 Total amount increased	1分間当りの増加量 Amount increased per minute	時間分 Time
1											
2		52.80		51.90			190.40	72.00	367.10	64.40	5.7
3		36.05		31.20			116.11	69.30	252.66	68.29	3.7
4		71.05		49.00			85.80	32.60	238.45	79.48	3.0
5		18.60		31.20			111.32	104.00	265.12	47.34	5.6
6		81.96		48.00			117.99	5.30	253.25	60.30	4.2
7		122.08		68.65			170.40	91.98	453.11	65.67	6.9
8		52.50		27.50			67.60	55.30	202.90	57.97	3.5
9		28.00		52.20	74.88		144.48	87.72	387.28	52.34	7.4
10		46.40		46.20			117.30	27.50	237.40	55.21	4.3
11		88.00					155.66	7.24	250.90	41.13	6.1
12		24.00		19.80			62.70	48.00	154.50	41.76	3.7
13		57.59		29.00			101.40	54.60	242.59	63.84	3.8
14		22.50		12.00			128.88	44.55	207.93	51.98	4.0
15		39.60		13.65			122.20	33.60	209.05	47.51	4.4
16		58.50		79.20			117.00	48.40	303.10	48.89	6.2
17		100.88		71.50			198.72	186.16	557.26	70.54	7.9
18		51.10		83.60	30.80	58.30	117.00		340.80	48.69	7.0
19		139.95		44.40			119.77	30.00	334.12	60.75	5.5
20		85.20		31.50			209.30	35.00	361.00	59.18	6.1
計 Total		1176.76		790.50	105.68	58.30	2454.03	1033.25	5618.52	56.759	99.0

表-8　下げ荷エンドレス作業（6人組）増加量

Table-8　Amount increased of endless skidding of down hill yarding (a sextette)

サイクル No Cycle No	ウィンチ引出し Draw out of which	フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	総増加量 Total amount increased	1分間当りの増加量 Amount increased per minute	時間分 Time
1											
2											
3		63.00	13.60	18.90			103.20	35.00	233.70	54.35	4.3
4		28.56	13.35	12.40			39.60		93.91	37.56	2.5
5		20.75	10.60	24.00			48.60		103.95	49.50	2.1
6		69.94		3.50			67.20		140.64	50.23	2.8
7		42.03		19.00			45.00		106.03	44.18	2.4
8		30.10	4.80	7.92			55.44		98.26	40.94	2.4
9		28.00	8.40	45.10			22.38		103.88	43.28	2.4
10		32.62	5.30	5.00			47.00		89.92	44.96	2.0
11		35.91		59.15			71.40	13.56	180.11	51.46	3.5
12		19.00	10.20	7.60			56.00		92.80	38.67	2.4
13		14.80	5.40	9.90			54.60		84.70	40.33	2.1
14		18.25	15.00	5.86			35.16		74.27	33.76	2.2
15		17.75	18.80	28.20			42.30		107.05	44.60	2.4
16											
17		13.00	4.50	19.00			52.64		89.14	34.28	2.6
18		29.82		63.00			8.60		101.42	48.30	2.1
19		55.70	4.90	7.50			12.50	15.90	96.50	32.17	3.0
20		85.68		3.10			40.30	26.40	155.48	48.59	3.2
21		74.25	13.60	3.00			45.60		136.45	32.49	4.2
22		52.70	9.80	19.00			48.00		129.50	44.66	2.9
23		30.33	24.50	18.65			37.30	14.40	125.18	39.12	3.2
24											
25		78.00		25.20			128.76	25.80	257.76	47.73	5.4
26		57.46		35.91			46.20	26.40	165.97	53.54	3.1
27											
28		69.30		6.80			137.30	24.25	237.65	66.01	3.6
29		24.25	5.70	41.40			58.50	58.83	188.68	47.17	4.0
30											
計 Total		991.20	168.45	489.09			1303.58	240.63	3192.95	45.10	70.8

表-9 作業法別要素作業別１分間当りの増加量
Table-9 Amount increased per minute of work system and working element

作業方法 Work system	ウィンチ引出し Draw out of winch	*フック掛 Hang of choker	待避 Refuge	林内移動 Movement in the forest	林道移動 Movement on the forest road	玉切整理 Adjustment of bucking	作業待 Waiting	その他 Other action	全体 Total
下げ荷地曳き作業 3人組 Ground skidding of down hill yarding (a trio)	66.77	64.48		93.62	41.96	73.01	65.80	37.76	60.79
上げ荷地曳き作業 3人組 Ground skidding of up hill yarding (a trio)	67.76	69.68	53.69	70.73	59.62	54.61	64.47	62.26	63.06
〃 4人組 〃 (a quatette)	59.77	68.27	60.89	83.01	74.20	68.45	70.01	54.27	69.03
〃 5人組 〃 (a quintette)	27.48	42.74	48.80	52.27	30.64	29.36	26.65	39.70	34.56
下げ荷エンドレス作業 4人組 Endless skidding of down hill yarding (a quartette)		66.48		54.52	52.84	53.00	52.32	61.50	56.75
〃 6人組 〃 (a sextette)		53.59	48.13	38.21			41.25	54.69	45.10
上げ荷エンドレス作業 4人組 Endless skidding of up hill yarding (a quartette)		22.53	33.40	20.70			30.20	12.00	26.18
平均 Mean.	55.45	55.40	48.98	58.96	51.80	55.69	50.10	46.03	50.78
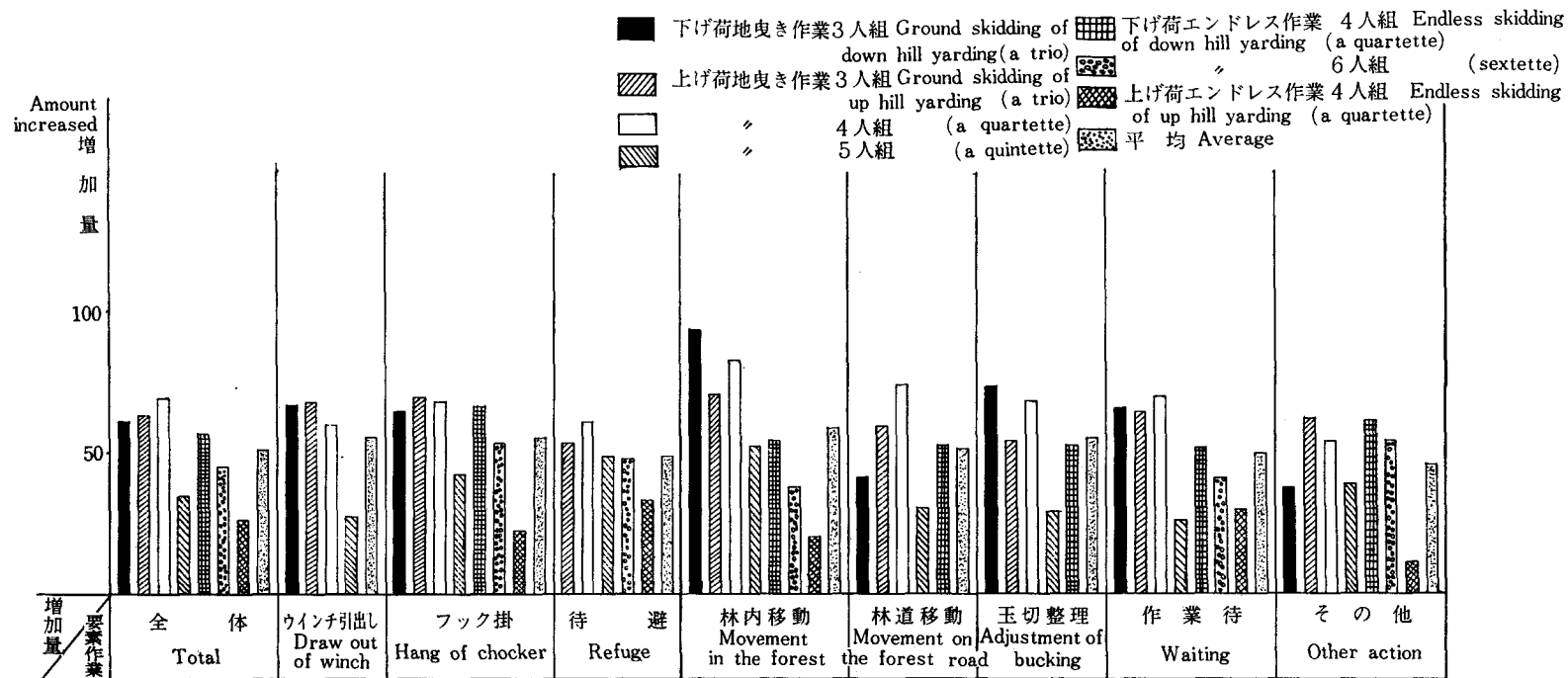
図-5 作業法別要素作業別1分間当りの増加量

Fig. 5. Amount increased per minute of work system and work element

組 43.15～83.80, 平均 69.03, 5人組 6.51～59.65, 平均 34.56 下げ荷エンドレス作業4人組 41.13～79.48, 平均 56.75, 6人組 32.17～54.35, 平均 45.10, 上げ荷エンドレス作業4人組平均 26.18, という結果である。つぎに, 各要素作業別の増加量についてみると, 各作業法ごと値は異なるが増加量の比較的多いものをあげると, 下げ荷地曳き作業, 3人組においては, 林内移動 93.62, 玉切整理 73.01, 上げ荷地曳き作業, 3人組においては, 林内移動 70.37, フック掛 69.68, ウインチ引出し 67.76, 4人組においては, 林内移動 83.01, 林道移動 74.20, 作業待 70.01, 玉切整理 68.45, フック掛 68.27, 5人組においては, 林内移動 52.27, 待避 48.80, フック掛 42.74, 下げ荷エンドレス作業, 4人組については, フック掛 66.48, その他 61.50, 6人組については, その他 54.69, フック掛 53.59, 待避 48.13, 上げ荷エンドレス作業, 4人組については待避 33.40 作業待 30.20 である。以上の結果が示すように, 作業全体をとおしての1分間当りの増加量および各要素作業別の増加量は, 作業法, 作業人員構成により種々の値を示しはっきりしたことがわからないが, 一応次のような傾向がみられる。まず作業全体について作業法別にみると, 地曳き作業における下げ荷3人組と上げ荷3人組, エンドレス作業における上げ荷4人組と下げ荷4人組とにおいては, 地曳き作業の場合ははっきりした差はみられないが, エンドレス作業においては, 下げ荷の方が増加量が多い。また, 地曳き作業と, エンドレス作業においては, 明らかに地曳き作業の方が増加量が多い。つぎに, 作業人員構成別にみると, 上げ荷地曳き作業, 3人組, 4人組, 5人組, 下げ荷エンドレス作業, 4人組, 6人組については, 地曳き作業4人組において少し多い増加量を示す以外作業人員の少ない組の方が増加量は多くなっている。つぎに, 要素作業別についてみると, 地曳き作業においては, 各作業法とも林内移動の増加量が多くついで各作業法ごとにことなるが, 玉切整理, フック掛, ウインチ引出し, 林道移動等の作業者の動きのはげしい動作の増加量が多くなっている。また, エンドレス作業においては, フック掛, その他, 待避といった動作の増加量が多くなっている。そして, その程度も, 両作業法とも作業人員構成の少ない作業ほど多くなっている。これら一連の傾向は, 作業地の傾斜, 伐採木の状態作業者の個人差等の条件にかなり左右されているため, はっきりしたことはわからない。しかし, 作業法, 作業人員構成に応じた動きをするためこのような結果になったものと推察する。すなわち, 地曳き作業とエンドレス作業とでは, 地曳き作業の方が作業者により負担をあたえる作業であり, また, 作業人員は多い場合より少ない場合の方がより負担が多いと考えられる。そこで, ここで, 荷掛作業者の一般的な作業中の生理的変化量を推定するため, 全作業法についての平均的な増加量および要素作業別の増加量についてみた。結果は表-9の下段に示すように, 平均的な作業中の増加量は, 50.78 で要素作業別の増加量は 59～46 の範囲にあると推定できる。また, 各要素作業の中で, 林内移動, 玉切整理手伝い, ウインチ引出し, フック掛といった動作が他の要素作業にくらべて比較的多い増加量を示している。これらのことは, 心搏数の場合でもみられるように比較的作業者の作業中の動作のはげしい作業に多くの増加量が現われている。いいかえれば, 林内移動, 玉切整理手伝い, フック掛, ウインチ引出しといった動きのはげしい作業が作業者の増加量に非常に影響する作業であると推察する。

3) 作業者の作業中の生理的負担度

2)において荷掛作業における作業者の作業中の平均的な増加量およびどのような要素作業に増加量が多いかを推察した。しかし, その増加量がどの程度作業者に負担をあたえているかはっきりしない。そこで負担度の度合を推定するために基本的な動作をとりあげ, その動作の単位時間当りの増加量を調べ, その増加量に対してどの程度であったかにより負担度を推定した。まず, 基本的な動作として, 平地歩行をとりあげ, 普通大人の平均的な歩行速度である 4～5 K/時間の

場合についてトレッドミルを使用して測定した。

その測定方法は，当研究室の職員4名について，トレッドミルの速度を4~5 km/時間にセットし，しかるのちその上を10分間歩行し，歩行中の心搏数を求め単位時間当りの増加量を算出した。結果は表-10に示すとおりである。そして，その結果を荷掛作業の場合と比較した。なお，同時に他の林業労働である伐木造材作業[3]のものと比較した。その結果，表-11に示す。まず歩行中の平均増加量を負担度1として，荷掛作業，および伐木作業，玉切作業の負担度をみると，荷掛作業，2.51，伐木作業2.91玉切作業2.42であった。これらのことから，荷掛作業者の作業中の生理的負担度は，歩行中の場合の生理負担度の約2.5倍程度の負担度を示し，伐木造材作業における玉切作業とほぼ同じ程度の負担の度合であると推察できる。

表-10 歩行中の心搏数および増加量
Table-10 Heart rate and amount increased of walking

作業者 Worker	歩行中平均心搏数 Mean heart rate of walking	安静時心搏数 Rest time of heart rate	分間当り増加量 Amount increased per minute
A	104	78	26
B	105	76	29
C	105	93	12
D	105	91	14
平均 Average	105	85	20

表-11 荷掛作業における作業中の生理的負担度
Table-11 The physiolgical loading of the skidding in the work

	平均心搏数 The mean heart rate	増加量 Amount increased	負担度 Physiological loading	
歩行 Walking 5k/time	105	20.25	1	歩行の増加量を1として負担度を算出する
荷掛作業 Skidding	119	50.78	2.51	
伐木作業 Felling	130	59.00	2.91	
玉切作業 Bucking	120	49.00	2.42	

4. 今後の作業計画

荷掛作業における作業者の作業中の生理的変化について述べてきたが，これらの結果をもとにして，トラクターによる集材作業計画について，荷掛作業者の作業中の生理的変化を中心として考えてみる。まず，表-2，表-9において示されるように，作業中の心搏数および増加量は，作業地の傾斜，伐採木の状態，作業時間等の作業条件と作業者の個人差にかなり左右され，はっきりしたことはわからない。しかし，一応前述の結果から考察した場合，作業者を中心として作業計画を考えるならばできるだけ作業者の動きの激しさ，およびその動作時間が少なくなるような作業計画をたてたほうが一層作業者の負担がかるくなると考える。以上のような観点から今後のトラクターによる集材作業について考えてみると，まず作業法としては，地曳き作業の場合のように，荷掛作業者が重いフックを引っぱりながら，急傾斜地の上り，下りをするような作業より，エンドレス作業のようにある定まった場所で作業をするほうがより動きを少なく，作業者の負担が軽るくなると考えられるので，地形，作業能率，作業現場の状況により多少の制約があるかもしれないが，できるならば，エンドレス作業方式をとったほうが望ましいと考える。また，作業人員構成等の問題については，一応作業人員が多いほど好ましいと考えられる。しかし，この調査は，他の作業者（トラクター運転者，土場作業者）について調査していないのではっきりした

ことはえいない。やはり他の作業者についても調査し，しかるのちグループ単位で考えた方がよりよい結果が得られると考える。この点については今後の調査にまわしたい。

5. ま と め

以上，トラクターによる集材作業における荷掛作業者の作業中の心搏数および安静時に対する作業中の心搏数の増加量について述べてきた。その結果をまとめてみると，まず作業中の心搏数は155回/分～84回/分の範囲で平均119回/分程度であると推定する。また，作業全対をとおしての平均一分間当りの増加量は，50.78程度で，林内移動，玉切整理，ウインチ引出し，フック掛その動作のはげしい作業が作業者の増加量に非常に影響しているようである。そして，その負担度は，歩行の場合を1としてみた場合，2.51であり伐木造材作業における玉切作業とほぼ同じ程度の負担の度合であると推察する。また，作業法別，作業人員構成別にみた場合，地曳き作業よりエンドレス作業の方が作業者の負担の度合小さく作業人員が少ないほど負担の度合は多くなる傾向がみられた。

最後にこの調査に協力して下さった，諸戸材産(株)の職員の皆様および林業工学研究室の方々に深く感謝いたします。

文 献

1) フクダ電子（株）2 CH：テレメーター取扱説明書
2) 人間工学ハンドブック編集委員編：人間工学ハンドブック，東京：金原出版，(1966)
3) 藤井禧雄・山本俊明：伐木造伐作業の特質について——作業者の生理的変化を通しての考察，京大演報，**43**，227～245，(1972)

Résumé

This paper is presented here as a part of a series of studies concerning the changes in the physiological condition of the workers in forest, especially for the hook-tender at the tractor yarding.

The investigation was carried out in the artificial forest of cedar and cypress in the Ashidani and Takimata which belongs to the Moroto Forest Products Company, Miyagawa, Taki-gun, Mie Prefecture.

In order to investigate the changes in the physiological condition, we measured the heart rate of six men engaged in the hooking work before their work and while engaged in work. The results are as follows.

While at work, their heart rate ranged from 155/min. to 84/min. averaging 119/min.. The increase of heart rate (the physiological change) covering the whole process of operation was found to be 50.28 per minute.

The rate of physical consumption in the hooking work was found to be 25.1 compared with the heart rate in walking on the level ground, Consequently, it may be said, that the rate of physical consumption in the hooking work is nearly equal to that in the felling and bucking work.